

Проведен анализ особенностей формирования практических навыков работы с современными приборами учета электрической энергии у студентов электроэнергетических специальностей

УДК 378.147:66.01

О.Г. Гриб, д.т.н., проф.  
О.Н. Довгалюк, к.т.н., доц.  
Т.В. Блощенко, инженер,  
Харьковская национальная академия  
городского хозяйства, г. Харьков

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ РАБОТЫ С СОВРЕМЕННЫМИ ПРИБОРАМИ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ У СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Современный уровень развития науки, техники, экономики диктует ряд новых требований к подготовке специалистов разных отраслей. Так, одной из составляющих подготовки студентов электроэнергетических специальностей является формирование у них соответствующих профессиональных умений посредством знакомства с особенностями конструкции, принципами работы и особенностями эксплуатации современных технических средств.

Проблемам повышения эффективности профессиональной подготовки будущих инженеров посвящены исследования О.А. Демина, Н.И. Лазарева, Д.В. Чернилевский, П.А. Яковишина и многих других ученых [1-6], которые рассматривали в основном теоретические аспекты данного вопроса, методические особенности, а также возможность подготовки специалистов с использованием традиционных технических средств.

В то же время, для студентов электроэнергетических специальностей важным является формирование практических навыков работы именно с современными техническими средствами, получившими распространение в энергетических компаниях и предприятиях Украины.

Целью данной статьи является анализ особенностей формирования практических навыков работы с современными приборами учета электрической энергии у студентов электроэнергетических специальностей.

Приборная база учета электрической энергии предполагает формирование у студентов электроэнергетических специальностей практических навыков работы с такими современными приборами как «АНТЭС АР-3Ф», «АНТЭС АК-3Ф», «РЕКОН», «РЕГИНА», «РЕСУРС» и т.д.

Каждый из этих приборов позволяет осуществлять измерение следующих величин: действующего значения фазного и междуфазного напряжения; действующего значения напряжения основной частоты; установившегося отклонения напряжения основной частоты; коэффициента несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности; установившегося значения частоты; отклонения частоты; длительности временного перенапряжения; глубины провала напряжения; угла сдвига фаз между каналами напряжения (при 3-х проводной и 4-х проводной схемах); действующего значения тока основной частоты; значения тока прямой, обратной, нулевой последовательностей; угла сдвига фаз между каналами напряжения и тока и др.

На основе измерений перечисленных величин все эти приборы позволяют получить согласно ГОСТ 13109-97 [7] значения следующих показателей качества электрической энергии (ПКЭ): установившегося отклонения напряжения и частоты, коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения, коэффициента несимметрии напряжения обратной и нулевой после-

довательности, коэффициента временного перенапряжения, длительности провала напряжения.

Регистратор напряжения и тока "Парма РК6.05М" предназначен для измерения и регистрации параметров электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного однофазного и трехфазного тока с номинальной частотой от 45 до 55 Гц и номинальным напряжением 220/380 В в установившихся режимах работы, в том числе ряда показателей качества электрической энергии, в соответствии с [7].

Регистратор "Парма РК6.05М" применяется для проведения настроечных и регулировочных работ, осуществляемых в процессе эксплуатации электрических сетей систем общего энергоснабжения, а также для контроля параметров сети и определения ПКЭ.

Измеритель "Ресурс-UF" – российский прибор, предназначенный для контроля ПКЭ согласно [7] в однофазных и трехфазных сетях с номинальной частотой 50 Гц и напряжением 380 В, а также в сетях 6 кВ и выше при использовании измерительных трансформаторов напряжения. Измеритель может работать как в автономном режиме, так и в составе многоуровневых автоматизированных систем контроля и учета электропотребления.

Измеритель также обеспечивает расчет усредненных за 30 мин. значений отклонений напряжения и частоты, коэффициентов несимметрии напряжения и гармоник; хранение их в течение текущего и предыдущего месяца; расчет относительного времени превышения нормально и предельно допускаемых значений ПКЭ за интервал времени (календарные сутки, месяц); расчет и хранение за каждые сутки как текущего, так и предыдущего месяца протокола о 40 последних провалах и перенапряжениях отдельно по каждому измеряемому напряжению.

Лабораторная база кафедры электроснабжения городов Харьковской национальной академии городского хозяйства (ХНАГХ) предусматривает использование «АНТЭС АР-3Ф» и «АНТЭС АК-3Ф» (рис. 1), поскольку данные приборы производятся в Украине, соответствуют всем ее государственным стандартам и успешно внедрены в энергетических системах Украины [8].



Рис. 1. Приборы, используемые для анализа качества электроэнергии в лабораторном цикле кафедры электроснабжения городов ХНАГХ

Среди основных технических характеристик данных приборов следует отметить следующие:

- относительная погрешность измерения напряжения и тока – не более 0,1%;
- относительная погрешность измерения мощности – не более 0,2%;
- количество измеряемых параметров режима электрической сети – 62;
- определение показателей качества электроэнергии – согласно ГОСТ 13109-97;
- функции автокалибровки и термостатирования;
- наличие цветного жидкокристаллического дисплея с подсветкой;

- наличие порта USB RS-485 для вывода информации.

Объем памяти «АНТЭС АК-3Ф» позволяет осуществлять мониторинг показателей качества электрической энергии и электропотребления в течение расчетного периода непрерывно. Прибор позволяет осуществлять проверку правильности подключения приборов учёта электроэнергии, а также определять источники ухудшения качества электроэнергии.

На основе измерений величин параметров режима электрической сети «АНТЭС АР-3Ф» и «АНТЭС АК-3Ф» позволяют получить согласно [7] значения всех показателей качества электрической энергии.

Программное обеспечение приборов является гибким, удобным инструментом, позволяющим детально проанализировать любой фрагмент как нормального, так и аварийного режима работы сети и произвести необходимые расчеты, представив результаты в удобной для пользователя форме. Так на рис. 2 представлены осциллограммы и векторные диаграммы напряжений в электрической сети, полученные с помощью «АНТЭС АР-3Ф», а на рис. 3 – графики изменения установившегося отклонений напряжения и коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения, полученные с помощью «АНТЭС АК-3Ф».

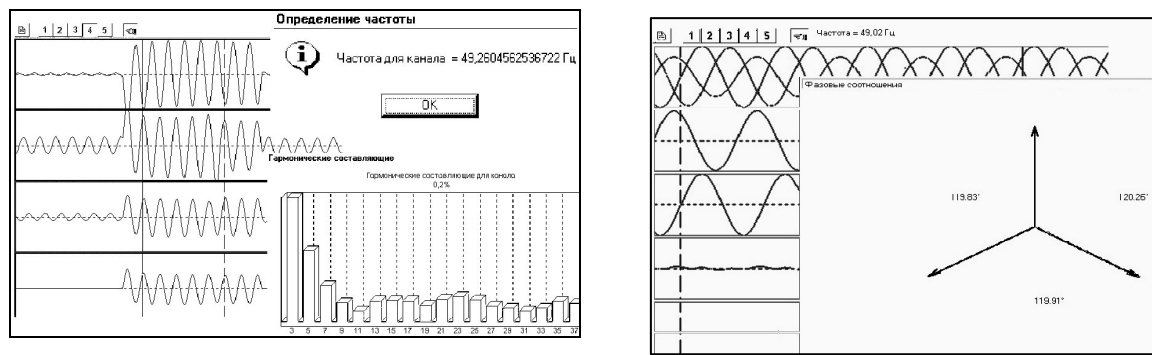


Рис. 2. Представление и анализ результатов, полученных с помощью «АНТЭС АР-3Ф»

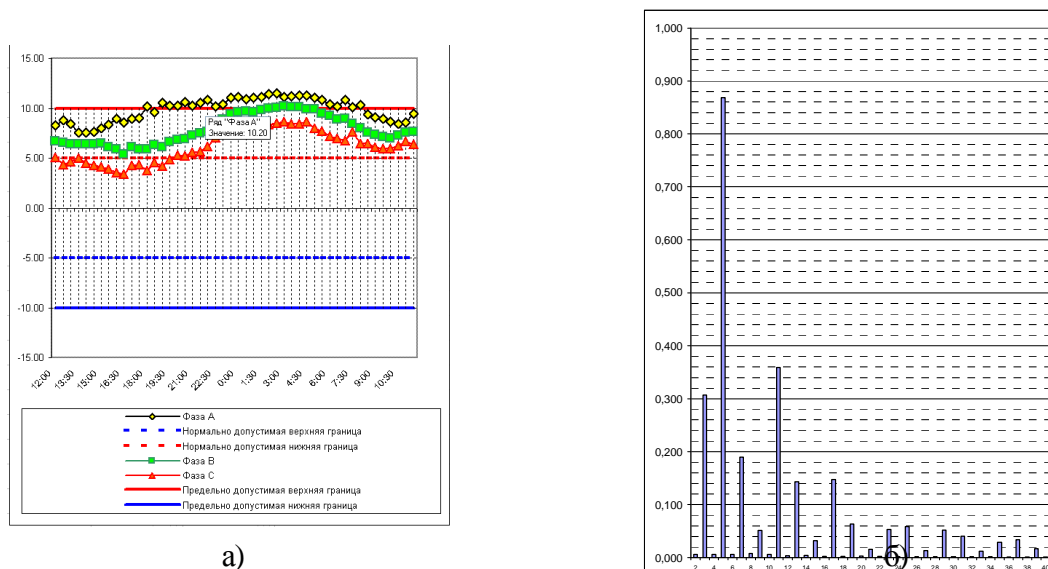


Рис. 3. Представление и анализ результатов, полученных с помощью «АНТЭС АК-3Ф»: а) график изменения установившегося отклонений напряжения; б) график изменения коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения в фазе "С"

Учебный план подготовки бакалавров специальности «Электротехнические системы электропотребления» предусматривает проведение лабораторных работ по дисципли-

нам профессионального цикла в количестве 517 часов из 1825 часов аудиторных занятий, что составляет 28%. Учитывая значительную долю занятий, отведенную для практической подготовки будущих специалистов, необходимо наиболее рационально использовать отведенное для этого время.

При проведении лабораторных работ «АНТЭС АР-3Ф» позволяет наглядно представлять информацию о параметрах режима, строить векторные диаграммы и временные зависимости исследуемых параметров. На данных возможностях прибора основан лабораторный практикум по следующим дисциплинам кафедры электроснабжения городов при подготовке студентов специальности "Электротехнические системы электропотребления" [9]:

- "Переходные процессы в электроэнергетике" (для исследования соотношений между параметрами в электрической системе, изучения изменения параметров режимов во времени, построения векторных диаграмм исследуемых параметров для различных видов повреждений в энергетической системе, исследования переходных процессов в электрической системе при различных видах повреждений, применения метода симметричных составляющих для расчетов несимметричных коротких замыканий, исследования фазных токов и напряжений при разных видах коротких замыканий, исследования влияния параметров элементов расчетной схемы и ее структуры на величину токов короткого замыкания, исследования статической и динамической устойчивости энергосистемы при различных видах повреждений);

- "Электрические системы и сети" (для исследования регулирования напряжения в электрических сетях, исследования режима работы замкнутой неоднородной электрической сети, исследования дальней линии электропередачи, расчетов установившихся режимов электрической сети);

- "Электрическая часть станций и подстанций" (для исследования токоограничающего эффекта системы глубокого ввода, выбора основного оборудования распределительных устройств на подстанции);

- "Потребители электрической энергии" (для исследования пусковых характеристик осветительных приборов, исследования режимов работы различных по характеру потребителей);

- "Релейная защита и автоматика" (для исследования особенностей работы различных видов защит);

- "Электроснабжение и электросбережение" (для исследования показателей качества электрической энергии).

Таким образом, использование «АНТЭС АК-3Ф» и «АНТЭС АР-3Ф» в цикле лабораторных работ при подготовке студентов электроэнергетических специальностей позволяет расширить знания студентов, привить им практические навыки работы с современными приборами учета электрической энергии, сделать программу обучения более наглядной, а также повысить качество процесса обучения. Привитые студентам навыки позволят им в дальнейшем легче адаптироваться в профессиональной среде.

На основе проведенного анализа и выявленных особенностей в дальнейшем возможным будет обоснование новых методик формирования и развития практических навыков работы с современными приборами учета электрической энергии у студентов электроэнергетических специальностей.

#### Литература

1. Попков В.А., Коржуев А.В. Теория и практика высшего профессионального образования. – М.: Академический проект, 2004. – 432 с.
2. Лозова В.І., Троцько Г.В. Теоретичні виховання і навчання. – Харків: "ОВС", 2002. – 400 с.
3. Лазарев М.І. Теоретичні і методичні засади моделювання змісту загальноінженерних дисциплін

для технологій навчання студентів: Дис.д-ра пед.наук: 13.00.04 – Х., 2004. – 497 с.

4. Яковишин П.А. Теоретичні та методичні основи навчання студентів методів аналізу і синтезу механізмів і машин: Автореф. дис...д-ра пед. наук: 13.00.04. – К., 2001. – 41 с.

5. Дьомін О.А. Використання наочності як засобу активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів аграрного вузу: Дис... канд. пед. наук: 13.00.04. – К., 1997. – 185 с.
6. Чернилевский Д.В. Дидактические технологии в высшей школе. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 437 с.
7. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Normы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Взамен ГОСТ 13109-87; введ. 01.01.2000. – К.: Изд-во стандартов, 1999. – 31 с.
8. Гриб О.Г., Сендерович Г.А., Довгалоук О.Н., Калюжный Д.Н. Оценка качества электроэнергии в электрических сетях Харьковского региона. Сборник трудов V международной научно-технической конференции "Эффективность и качество электроснабжения промышленных предприятий". – Мариуполь: ПДТУ. – 2005. – С. 124-126.
9. Гриб О.Г., Довгалоук О.Н., Сендерович Г.А., Рожков П.П., Калюжный Д.Н., Омеляненко Г.В., Щербатова П.Г., Натарева И.Г., Блощенко Т.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по специальности "Электротехнические системы электропотребления" (для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 6.09 06 03 "Электротехнические системы электропотребления"). – Часть 1. – Харьков: ХНАГХ. – 2008. – 79 с.

**ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК РОБОТИ ІЗ СУЧАСНИМИ ПРИЛАДАМИ  
ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У СТУДЕНТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ  
СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

О.Г. Гриб, О.М. Довгалоук, Т.В. Блощенко

*Проведено аналіз особливостей формування практичних навичок роботи із сучасними приладами обліку електричної енергії у студентів електроенергетичних спеціальностей*

**SHAPING PRACTICAL SKILL WORK WITH MODERN INSTRUMENT OF THE  
ACCOUNT TO ELECTRIC ENERGY BESIDE STUDENT ENERGY PROFESSIONS**

O.G. Grib, O.N. Dovgalyuk, T.V. Bloshchenko

*Analysis of the particularities of the shaping practical skill work with modern instrument of the account to electric energy beside student of the energy professions is organized.*